

АННОТАЦИЯ

На диссертационную работу Лушача Павла на тему: «Разработка адаптивных приемов повышения продуктивности и засухоустойчивости мягкой пшеницы в условиях сухостепной зоны Центрального Казахстана» на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D08102 - Органическое земледелие

Пшеница является ключевой сельскохозяйственной культурой, обеспечивающей глобальную продовольственную безопасность и являющейся источником около 20% мирового потребления калорий.

В настоящее время Казахстан является крупным производителем пшеницы и одним из основных экспортёров зерна на мировом рынке. За последние 20 лет в Республике Казахстан объём производства пшеницы варьировался от 8,36 до 26,7 млн тонн ежегодно, из которых экспортируется от 3,4 до 9,1 млн тонн зерна и от 0,6 до 2,0 млн тонн муки. Основная часть экспорта направляется в страны Центральной Азии. Доля экспорта пшеницы характеризуется высокой изменчивостью и составляет от 20% до 65% годового производства.

Пшеница является крупнейшей сельскохозяйственной культурой в стране по посевным площадям: на её долю приходится около 80% производства зерна. Посевная площадь пшеницы варьируется от 10,74 до 13,81 млн гектаров, при этом значительная часть посевных площадей (около 17,5 млн га в 2020 году) приходится на богарные условия центрального и северного Казахстана. Однако, несмотря на значительные площади, занятые пшеницей, урожайность остаётся ниже региональных и мировых показателей. Средняя многолетняя урожайность пшеницы в Казахстане составляет 10,9 центнера с гектара.

Основным лимитирующим фактором низкой урожайности являются климатические условия зерносеющих регионов Казахстана (короткий вегетационный период, высокие температуры в период вегетации, а также ограниченная доступность влаги), а также низкий уровень использования ресурсов (удобрений и средств защиты растений). Это существенно ограничивает потенциал урожайности яровой мягкой пшеницы и обуславливает значительные колебания урожайности по годам.

Климат Центрального Казахстана характеризуется преимущественно засушливым и остро засушливым режимом влагообеспечения, что создаёт дополнительную нагрузку на агроэкосистемы. Высокая зависимость зернового производства от погодных условий подтверждается статистическими данными, демонстрирующими высокие урожаи в благоприятные годы (2011, 2024) и их резкое снижение в засушливые периоды (2010, 2023).

Многочисленные полевые исследования показывают, что участвовавшие засухи в Казахстане приводят к значительному снижению урожайности пшеницы, особенно в последние годы. По данным R. Kumar (2021),

климатически обусловленные засухи, наблюдаемые на территории страны, приводят к снижению урожайности зерновых культур на 10-30%.

Смягчение последствий изменения климата остаётся одной из ключевых задач в основных зерносеющих регионах Казахстана. Одной из эффективных стратегий снижения негативного воздействия засухи на пшеницу является адаптация существующих агротехнологических мероприятий на уровне управления посевами сельскохозяйственных культур.

В связи с этим совершенствование технологических приёмов возделывания яровой мягкой пшеницы с целью повышения её засухоустойчивости и продуктивности является актуальной задачей и имеет важное производственное значение для сухостепной зоны Центрального Казахстана. Именно такие подходы позволяют наиболее эффективно использовать имеющиеся агробиологические ресурсы. Изменение агротехнологических приёмов, включая подбор стрессоустойчивых сортов, применение влагосберегающих способов обработки почвы, а также использование приёмов стимулирования роста и развития растений, рассматривается как динамичная долгосрочная стратегия противодействия стрессам, связанным с засухой.

Цель исследований - разработка комплекса агротехнических мероприятий с целью повышения засухоустойчивости и продуктивности яровой мягкой пшеницы в засушливых почвенно-климатических условиях Центрального Казахстана с применением методов математического моделирования.

В задачи исследований входило:

- подобрать более засухоустойчивые сорта яровой мягкой пшеницы с использованием методов генотипирования на основе SNP маркеров;
- разработать оптимальные параметры комплексного стимулирующего средства для снижения негативных действий засухи на яровую мягкую пшеницу;
- оценить эффективность комплекса агротехнических мероприятий на повышение продуктивности и засухоустойчивости сортов яровой мягкой пшеницы;
- составить математическую модель засухоустойчивого и высокопродуктивного сорта яровой мягкой пшеницы для условий Центрального Казахстана;
- определить экономическую эффективность рекомендуемых приемов возделывания яровой мягкой пшеницы с учетом почвенно-климатических условий Центрального Казахстана.
- провести производственную апробацию технологических приемов возделывания сортов яровой мягкой пшеницы в условиях темнокаштановых почв Центрального Казахстана.

Методы исследования.

В исследовании использован комплекс методов, включающий полевые эксперименты и лабораторные анализы для оценки влияния агротехнических приёмов на продуктивность и засухоустойчивость пшеницы. Применены

молекулярно-генетические методы (SNP-генотипирование) для выявления устойчивых генотипов, а также статистическая обработка данных. Также использовано математическое моделирование для прогнозирования урожайности в зависимости от условий среды и технологий.

При статистической обработке результатов исследований применялся метод дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel 2010 и Statistica 8,0. Калибровка и валидация модели сортов яровой мягкой пшеницы проведен в программе STICS -24.

Основные положения, выносимые на защиту:

- теоретическое и экспериментальное обоснование оптимальных параметров применения комплексных стимулирующих средств, обеспечивающих повышение интенсивности ростовых процессов, реализация продукционного потенциала сортов яровой пшеницы, выявленных на основе результатов генотипирования.

- закономерности формирования урожайности и основных элементов структуры урожая сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от комплекса применяемых агротехнических мероприятий, включая применения комплексных стимулирующих средств.

- научно обоснованная модель засухоустойчивых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированного к условиям сухостепной зоны Центрального Казахстана, а также оценка экономической эффективности внедрения разработанных технологических приемов ее возделывания.

Описание основных результатов исследования.

1. В результате проведенного молекулярно-генетического скрининга 11 сортов яровой мягкой пшеницы, рекомендованных к возделыванию в Республике Казахстан, выявлены генотипы с однонуклеотидным полиморфизмом по ключевым генам, ассоциированным с засухоустойчивостью (TaDr1B, DREB1, TaPARG-2A, TaPPH-7A, COMT3B). Установлено отсутствие полиморфизма по гену TaLTP, а также мономорфность по гену 1fhw3. Наиболее благоприятная комбинация аллельного состава, связанная с устойчивостью к засухе, выявлена у сортов Таймас и Гранни, которые были отобраны для дальнейших полевых исследований и рекомендованы для возделывания в засушливых условиях Центрального Казахстана.

2. Установлено, что применение комплексного средства, включающего микроэлементы (Zn, Mn, Cu, Fe, Si), полисахарид (альгинат натрия) и фитогормон (24-эпибрассинолид), способствует значительному повышению лабораторной всхожести семян - с 67,14–68,48% до 92,47–92,67%, а также улучшению развития корневой системы и увеличению индексов всхожести (GI) и жизнеспособности проростков (SVI). В условиях моделируемой засухи выявлено проявление гидротропизма у проростков пшеницы, сопровождающееся уменьшением угла роста корней. Применение оптимальных концентраций комплексного средства способствует дополнительному снижению данного показателя и улучшению адаптационных характеристик растений.

Корреляционный анализ показал наличие тесной взаимосвязи между параметрами роста проростков (длина побега, масса и длина корней), особенно в условиях дефицита влаги. Результаты дисперсионного анализа подтвердили статистически значимое влияние сорта, условий проращивания и обработки семян на показатели всхожести.

3. Полевые исследования показали, что применение комплексных средств повышает полевую всхожесть семян сорта Таймас на 2,4–5,0% независимо от зоны возделывания. Урожайность яровой мягкой пшеницы в значительной степени определяется взаимодействием генотипа сорта, агротехнологических приёмов и погодных условий года.

4. Максимальные показатели урожайности (31,44 ц/га в 2023 г. и 42,5 ц/га в 2024 г.) получены при комплексном применении агротехнологических приёмов, включающих предпосевную обработку семян, использование комплексных средств и поверхностную обработку почвы. В условиях ТОО «Найдоровское» сорт Таймас показал более высокую среднюю урожайность (30,9 ц/га), превысив сорт Гранни на 2,18 ц/га. Установлено, что в засушливых условиях формирование урожайности зависит от комплекса структурных элементов (масса 1000 зерен, число зерен в колосе, продуктивная кустистость), тогда как во влажные годы решающее значение приобретают густота стояния растений и масса зерна. Дисперсионный анализ показал, что на формирование урожайности наибольшее влияние оказывают:

- генотип сорта (37,73–41,17%);
- обработка семян и посевов комплексными средствами (17,07–18,71%);
- поверхностная обработка почвы (11,09–12,46%).

Наивысшая фактическая урожайность (до 34,55 ц/га) получена при варианте, включающем обработку семян комплексным средством, листовую подкормку в фазу кущения, а также прикатывание и боронование посевов.

5. Результаты имитационного моделирования подтвердили высокую зависимость урожайности от взаимодействия факторов «генотип – среда – технология». Установлено, что сорт Таймас характеризуется более высокой стабильностью и засухоустойчивостью по сравнению с сортом Гранни, что подтверждается значениями индексов устойчивости (STI, DI, SSI) и коэффициентами модели ($R_x = 0,87–0,93$).

Оптимальная модель возделывания яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях включает: предпосевную обработку семян комплексными микроэлементами, проведение листовой подкормки в фазу кущения, а также агротехнические приёмы (прикатывание и боронование), обеспечивающие наиболее полную реализацию биологического потенциала растений. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность разработанного комплекса агротехнологических мероприятий для повышения продуктивности и засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Казахстана.

6. Обработка комплексным стимулирующим средством семян и посевов, а также поверхностная обработка почвы посевов яровой мягкой пшеницы способствует увеличению индекса толерантности (3,01–3,17ед.),

засухоустойчивости (5,71-8,04 ед.), стрессоустойчивости (1,24 - 1,81 ед.) и обеспечивает высокую стабильность (до 24,73 %) и достоверность (0,91 ед.) в условиях ТОО «Найдоровское» Осакаровского района, Карагандинской области.

7. Применение разработанной модели возделывания яровой мягкой пшеницы в условиях ТОО «Найдоровское» с обработкой семян комплексным стимулирующим препаратом и использованием листовых подкормок в комплексе в сочетании с прикатыванием после посева позволяет обеспечить стабильно высокую урожайность культуры ($R_x = 0,87-0,93$) и экономическую эффективность производства за счёт снижения себестоимости зерна до 48,37 тыс. тенге за тонну, что способствует повышению рентабельности до 111,58 %.

Объекты исследования явились 11 среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы, включенных в реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан, а также комплексное средство для повышения всхожести семян, засухоустойчивости растений и увеличения продуктивности.

Научная новизна исследования. Разработаны наиболее эффективные элементы технологических приёмов возделывания яровой мягкой пшеницы, повышающих продуктивность и устойчивость к засухе в условиях сухостепной зоны Центрального Казахстана, а также установлены оптимальные параметры применения комплексного стимулирующего средства, обеспечивающие максимального уровня продуктивности яровой мягкой пшеницы.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам. Работа выполнена в рамках грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов на 2022-2024 гг. комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан AP14870923 «Разработка адаптивных приемов повышения продуктивности и засухоустойчивости мягкой пшеницы в засушливых условиях Центрального и Северного Казахстана с использованием математического моделирования», № гос. регистрации 0122PK00548.

Вклад докторанта в подготовку каждой публикации. По результатам исследований опубликовано 8 научных публикаций, в том числе две статьи были опубликованы в международных изданиях, входящих в базу данных Web of Science - Scopus:

1. Lutschak P., Amantayev B., Kipshakbayeva G., Stybayev G., Zargar M., Ebzeev D., Soltani Nejad M. Enhancing drought resistance in early-stage development of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) using trace elements in a dry steppe zone. *Research on Crops* 25 (3): 394-402 (2024). <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2024.ROC-1092>. (Scopus, Cite Score -38, Q3)

2. Amantayev B., Kipshakbayeva G., Turbekova A., Kulzhabayev Y., d Lutschak P. Enhancing Drought Resistance in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Through Chelated Zinc Seed Treatment: An Experimental Study. *OnLine Journal*

of Biological Sciences 2025, 25 (1): 53-64.
<https://doi.org/10.3844/ojbsci.2025.53.64>. (Scopus, Cite Score -54, Q2).

Три статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных КОКНВО МНВО РК;

1. Амантаев Б.О., Кипшакбаева Г.А., Кульжабаев Е.М., Луцак П.В. Жаздық бидай сорттары тұқымдарының өңгіштік көрсеткіштеріне құрғақшылықтың әсері. Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина. Астана. - 2023. -№ 3(118). - Б.181-192.

2. Луцак П., Амантаев Б.О., Мейсам Заргар, Кипшакбаева Г.А., Стыбаев Г.Ж., Кульжабаев Е.М. Жаздық жұмсақ бидай сорттарының бастапқы даму кезеңіндегі құрғақшылықтың кері әсерін төмендетуге фитогормон қолдану. Ж. Қорқыт ата атындағы Қызылорда университетінің жаршысы. №2 (69), 2024. Б.140-150.

3. Амантаев Б.О., Кипшакбаева Г.А., Мейсам Заргар, Кульжабаев Е.М. Кашкаров А.А., Луцак П.В., Каримова А.М. Жаздық жұмсақ бидай сорттарының өнімділігі мен құрғақшылыққа төзімділігін арттырудың кешенді агротехнологиялық шаралары. Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им.С.Сейфуллина. - Астана: 2025. -№ 2 (125). - Р.30-39.

По результатам научно-исследовательских работ получен патент на полезную модель «Комплексное средство и способ обработки для стимуляции роста и развития пшеницы» № 10033. (авторы: Амантаев Б.О., Кульжабаев Е.М., Луцак П.В.; дата регистрации - 13.05.2024г.

Основные положения диссертации были доложены и опубликованы в материалах научно-практических конференций:

1. Международная научно-практическая конференция. «Приоритеты мировой науки», 20-21 ноября 2025 г., Вена. Австрия. на тему: «Kazakhstan: Genotyping of wheat varieties usins SNP ampliflour markers for drought tolerance».

2. Международная научно-практическая конференция «Научные достижения и инновационные подходы», 26-27 февраля 2026 г., Токио. Япония. на тему: «Economic efficiency of sprins wheat cultivation depending on various agrotechnological measures»..